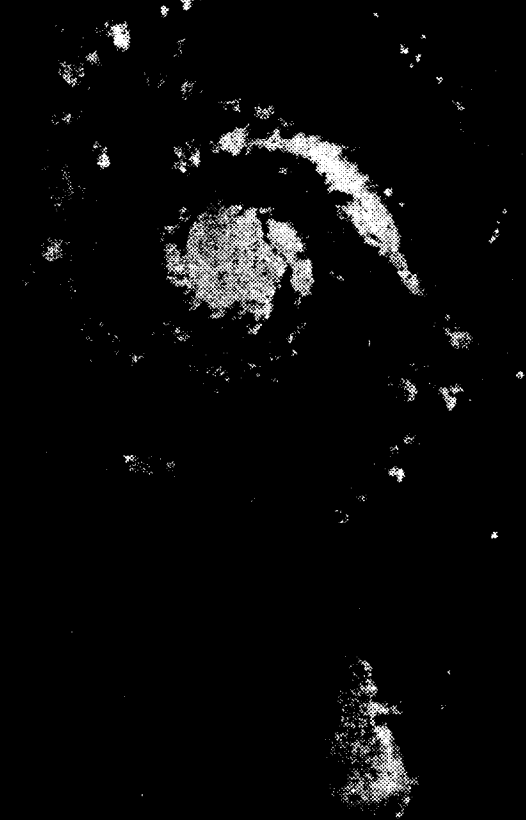


中華科學叢書第十四種

反物質與宇宙論

著者：Hannes Alfvén

譯者：韓建珊



臺灣中華書局印行

中華民國六十七年七月三版

中華科學叢書第十四種

反物質與宇宙論 (全一冊)

基本定價壹元貳角正

著者 Hannes Alfven
譯者 韓建珊

中華科學叢書編輯委員(以姓氏筆劃為序)

伍法岳 沈君山 沈慶春 李天培
林多標 吳京生 吳家瑋 吳錦鏞
夏道師 浦大邦 許翼雲 趙曾珏
劉鑑 劉全生 鄭伯昆 錢致榕

瞿樹元
臺灣中書華局股份有限公司代表

發行者 熊鈍生

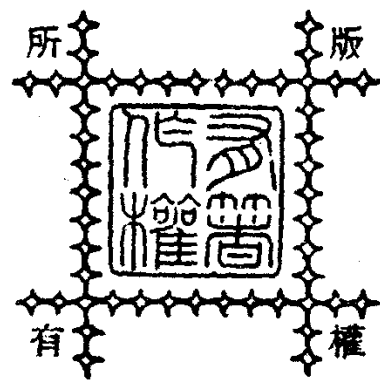
臺北市重慶南路一段九十四號

行政院新聞局登記

臺業字第捌叁伍號

臺灣中華書局印刷廠

臺北市重慶南路一段九十四號



發行者
本書局登
記證字號
印刷者
發行處

譯者序

天文學是一門很有趣味的學問，可是由於人們知識的缺乏以及測量儀器不够精良，許多天文現象仍然是個謎，所以也是一門很艱難的學問。尤其是對於宇宙如何起源的探討，更不知絞去多少人的腦汁，事實上宇宙已經成長了將近一百萬萬年，人類的歷史不過幾十萬年光景，而天文觀測更是近幾百年來的事，想以如此短時間的天象觀測研究宇宙的起源，真如井底之蛙窺無窮之穹蒼，所以幾十萬萬年前到底發生了些什麼事將永遠是謎。可是，人類也永遠是好奇的，越是摸不清的，越喜歡尋求答案。於是宇宙論裏有了許多學派，各家說法不一，誰是誰非，因得不到實驗證實，亦無法確定。最近十幾年基本粒子物理學中出現了許多反粒子，而且人們發現粒子與反粒子間是對稱的，本書即基於此完美的對稱性原理與已發現的自然定律，研討宇宙之來源奧秘。本書作者在電漿物理和天文物理與宇宙論方面的工作，使他獲得1970年的諾貝爾獎金，他在本書中立論的精闢幾乎無懈可擊，可說是一本難得的好書。

近年來，一般人都感覺中國學生心智聰慧，却缺少創造的能力，實為我國教育極需改進之處。本書從頭至尾，作者不斷以存疑的筆調，步步解析，真可說做到了「大膽

假設，小心求證」的地步，而且文筆諧趣，很能啓發人創作的思想，對於許多整日埋頭教科書的學生，不啻一劑爽心的清涼藥。

承蒙林多樑教授不斷的鼓勵與指正，譯者謹在此誌衷心的謝意。

韓 建 珊

一九七〇年十月紐約州立大學

反物質與宇宙論 目錄

I 宇宙論與自然科學

II 世界包含了些什麼？

微觀的與常觀的現象.....	6
太陽系與星雲.....	7
星雲系統.....	10
紅位移.....	11
星雲系統膨脹與霹靂說.....	15
霹靂說以外的其他宇宙論學說.....	20
摘 要.....	23

III 物質與反物質

物質的結構.....	26
基本粒子是對稱的嗎？.....	27
正子的發現.....	28
反質子的發現.....	29
反物質的結構.....	32
如何分辨普通物質與反物質？.....	35
太陽系中有反物質嗎？.....	37
是否有反物質的流星？.....	38

IV 漿物理學

電漿的各種性質.....	40
宇宙物理學中的電漿.....	42

磁化電漿.....	43
外太空中很冷也同時很熱.....	45
電漿粒子的運動.....	46
高能粒子，宇宙線.....	48
外太空既爲真空也同時具有黏滯性.....	49

V 宇宙中的反物質

太空中的普通電漿與反電漿.....	51
來登福斯特現象.....	51
混合電漿.....	54
混合電漿發出的無線電波.....	58
宇宙混合電漿的證實.....	59
反物質是否存在的結論.....	61

VI 星雲系統的成長

自然定律與宇宙論.....	65
混沌之初，混合電漿.....	67
一個星雲系統的模型.....	69
模型與星雲系統.....	75
星雲的形成.....	76
混合電漿的分離.....	82
重力場中的混合電漿.....	83

VII 宇宙論的問題

宇宙論的綜合.....	88
相對論.....	92
查利爾的宇宙模型.....	94
元素的起源.....	97
連續創造.....	99
摘要與結論.....	100

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

I 宇宙論與自然科學

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

世界怎麼開始的？如何演變成今日的形狀？這些問題很早以前就激起人們的好奇和興趣，從前科學尚未啓蒙的時候，人們總是用宇宙神話來回答這些問題。這些神話描述着上帝怎麼樣開天闢地，以及如何從混沌中整頓成稍有秩序的原始時代。這些神話也講述萬能的神怎麼樣控制着這個世界，使它成為現今的形態。

這些古代的神話到底比憑空想像的東西要好得多了。因為它們常常基於以前經年累月長時期的星象觀測，而且吸取了當時對世界已有的知識，因此宇宙論實在是事實與想像的精密組合。

天文觀測是最重要的事。顯然的，天體的現象支配着地球，由於太陽的運行才導致日夜的區分與季節的變換，由於月球的轉動才有潮汐的現象。但是其他的星球又是如何？它們是否也影響人類與地球歷史的演進？這些都是很值得探尋的。

占星術（Astrology）就是從這兒開始的，占星術認為天上的星球支配着人間萬事萬物。可是，這也象徵着天文學（Astronomy）的開始，天文學認為星球依據着某些一定的定律運行着。天文學演進之後，那些開山祖師們知道了怎麼樣預測日蝕的發生和其他許多天文現象，這些

對於突破傳統的觀念極為成功，因為它顯示了定律的不變性，這些定律和任何古怪的奇想都毫無關係。因此，如果天上的星球支配着人類的命運，而星球的運行又受自然定律控制着，那麼還有多少剩餘給萬能而權威的上帝呢？

過去的幾千年裏，觀測天文現象得到的資料愈來愈多，爲了使事實與神話能夠協調一致，許多人的心智都花費在這上面去了，一直到幾百年前由於兩個新因素的加入才確定了這點。

首先是手工藝匠發明了磨成透鏡的方法，造成望遠鏡使得人們觀測天象的能力增加了無數倍。人類雙手的技能擴大了人們的眼界。

第二個因素是，許多哲學家 and 學者開始研究一些簡單而明顯的物理問題——單擺爲什麼會擺動，皮球靠什麼滾動的。從這些無足輕重的小事上又能得到些什麼呢？他們爲什麼不繼續探測宇宙間的神奇怪事？原因非常簡單：因爲觀察這些普通的現象至少可以使他們脫離那些脆弱無力的神話，而且還建立了一整套的知識，這些知識都是從可以證明的實驗上得來的。實驗必須經得起「重複考驗」才能予以接受——這就是說，不論何時，何地，或者何人來做，這項實驗必須得到完全相同的結果，否則不予承認。累積許多不同的實驗結果，再加以綜合分析，得到了理論（theory），可是，理論的成立並不只是爲了「解釋」某些現象，而且要溶合入一整套的知識中，更重要的是，利用理論來預測新實驗的結果。當然，事實上，理論的成立與否，只有靠實驗才能證明。

科學上的理論決不能滲入任何玄學和神話的因子。所以欲研究宇宙的形態，也非得綜合所有的觀查結果，加以合乎邏輯的分析，不得有任何猜測。自從這個信條成為科學界的金科玉律之後，神話與事實之間明顯的區別已經是最基本的問題了。所以，自然科學家最重要的工作之一，就是消除神話與偏見。這種「監視」的責任在今天看來更為急需，因為現代虛構的神話總愛包上科學的糖衣，偽裝成一幅受人尊敬的模樣，所以更加可怕。

因此，自然科學精密的知識賜予我們深厚的基礎，在這基礎上建立起尋求解答問題的途徑，例如「世界如何開始的？」「宇宙怎麼樣演進的？」但是，和許多其他知識不同的是，我們必然遭遇到許多嚴重的困難。因為我們將不斷的碰到這些問題：「在這以前還有沒有什麼東西？」「在這之前又發生了些什麼事呢？」這些問題都超出了我們的知識範圍，我們不知道宇宙「開始」時是怎麼樣起源的，也許永遠都無法確定。這些問題可能都是沒有意義，它們屬於哲學家決定的事，超出了科學家研究的限界。

我們的思想最應該注意的是，當達到天文學的最外層時，如何避免陷入事實與神話糾纏的陷阱，就像過去的許多世紀內，神話與事實總為人們混為一談。要想建立如何避免的法規當然很難，也許永遠不可能。不過，我們可以這樣說，如果當我們工作時，儘量把天文的事實溶入實驗物理學中，那麼這件應該注意的事就自然會牢記心頭了。也就是說，我們的出發點應該是物理學家從實驗室中發現的自然定律，然後應用這些定律來瞭解天文現象。

可是，我們是不是就可以這樣認為在地球上小小實驗室中發現的定律，和支配着太空中千變萬化現象的定律完全相同呢？這樣的反駁是有道理的。每有一項新的天文發現只有使我們更知道自我的渺小，如滄海之一粟。所以，如果相信我們的自然定律——所有經過不斷的實驗與思索得到的定律——也適用於億萬光年以外的地區，確是太大膽了些？但是，這樣的推理並不能幫助我們決定「地球的」定律能否應用於「宇宙的」現象，也不能促進邏輯的分析，所以我們決定用我們的「地球定律」計算天文的結果，我們的自然科學也是集合實驗的成果。

而且，天文的各種現象都一再地顯示合乎地球上的法規。引導着月球運行的作用力和使蘋果從牛頓的樹上掉下來的力是相同的。我們銀河系的其他星球運動也和單擺與迴轉器（gyroscope）一樣遵循着相同的定律。遙遠星球上的原子和地球上的原子一樣，因為它們都放出相同的光譜線。我們還可以舉出許多這種例子。用所有這些事實來比較天文學和物理學，我們發現並沒有任何宇宙現象迫使我们必需採用新的自然定律。

即使如此，每次當天文學，尤其是宇宙論，發現了新的現象，許多人總要叫着「我找到了，我找到了新定律。」因為當已有的知識不能充分解釋這種現象，而只要假設一種新定律即可迎刃而解，人們當然容易陷入這種誘惑之中。但是這種處理問題的想法，已使邏輯上發生紛亂，就像一位下棋的人不斷地改變他的棋路一樣。不過我們仍然必須保持隨時接受新自然定律的態度，如果它們一旦得到證實的話。無論如何，利用實驗室裏已經發現的定

律研究宇宙的現象，才是較合理之途。若是真有某些宇宙現象和地球上的物理定律發生了衝突，那麼下一步要做的，才是如何引用那一種新定律。目前這種時機仍未來到。

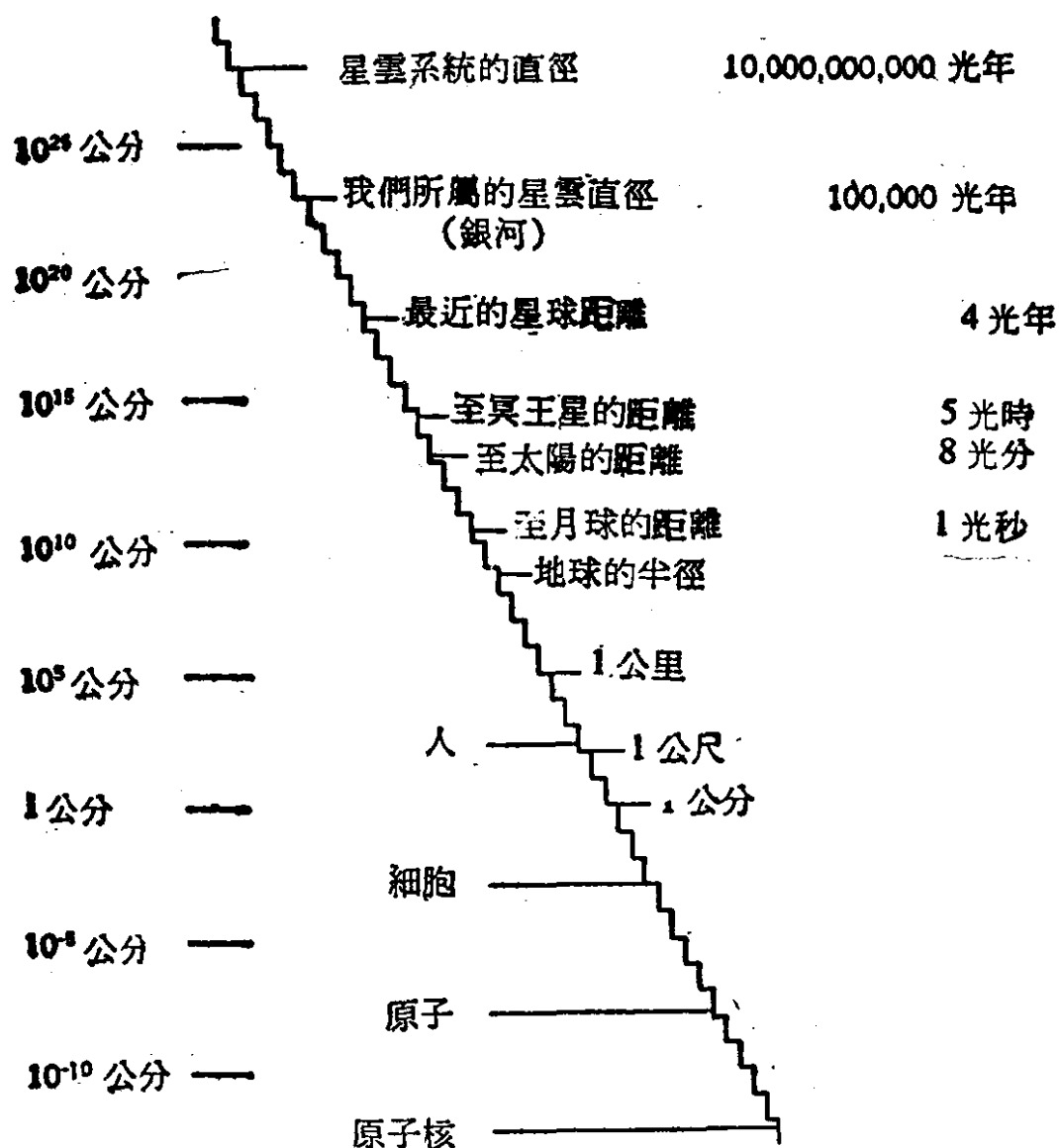
以物理學定律爲出發點，使我們在分析上得有堅定的基礎。不過，即使如此，我們仍然對於如何運用這些定律的問題，保留懷疑的餘地，這樣的懷疑，不僅僅只針對研究天文與宇宙的問題，而且對地球本身的一些事物也可能有。沒有人問過，地球上的空氣是否合乎力學與原子物理學的法律，因爲要決定這些定律如何應用到空氣的現象上是極爲艱難之事。但是也不能因此就說力學與原子物理學的法律是錯誤的。因爲天氣正在下雨而氣象台預測却是個大晴天呢！其缺點只是這些定律不容易用到氣象學而已。

宇宙論中也有相同的困難。

II 世界包含了些什麼？

微觀的與常觀的現象

今日的自然科學主要是觀察兩方面的現象：常觀方面（macroscopic）（以天文現象爲代表）與微觀方面



圖一 從原子到宇宙的大小程序。〔每一階梯代表十倍，例如，一物比另一物高五階梯，則大 $10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 100,000$ 倍。〕

(microscopic)(以自然界的基本粒子爲代表),參閱圖一。我們的目的既然是研究宇宙論的問題,因此本章開始覆述一些有關這方面的天文知識,而且微觀世界對於常觀世界的瞭解提供了許多不可缺少的參考資料,所以下一章將討論一些基本粒子物理學的概念。某些情況下,一羣粒子的活動狀態在宇宙中也常常發現類似的現象,這對瞭解天文現象和宇宙現象都非常重要,第四章中我們將討論有關這方面的電漿物理學(plasma physics)。

太陽系與星雲

首先就要點申述一下我們周圍的星球。以後我們常常會用到一個距離單位;以光在某一長度內進行的時間表之。光速爲每秒三十萬公里。我們可以用光環繞地球一周所須的時間表示地球的大小;即七分之一秒。光線由地球到月球是一秒多一點。爲了簡便起見,我們把這段距離稱爲一「光秒」。太陽至地球爲八光分。最遠的行星是冥王星,到太陽的距離爲五光時,以每90分鐘環繞地球一周速度的人造衛星,到達太陽須費時八個月,到冥王星就得二十五年了。

即使如此,天文學家的後院子仍然只限於我們太陽系統以內,超越太陽系之外的太空,顯然爲極廣大的地域。離太陽最近的星球是人馬星座之 α 星,距離爲四光年,以現在的人造衛星速度進行之太空船須費時十萬多年才能到達那兒。我們晚上所見的星球,很少是在10光年以內的。(它們大多數爲雙子星,即兩星相靠很近且相互繞轉。無疑地,許多星球爲其行星系統的中心,也可能有

表一 非常大和非常小的一些數目

	字 首
一兆 (Trillion) = 1,000,000,000,000 = 10^{12}	tera <i>T</i>
十億 (Billion) = 1,000,000,000 = 10^9	giga <i>G</i>
一百萬 (Million) = 1,000,000 = 10^6	mega
一千 (Thousand) = 1,000 = 10^3	kilo <i>K</i>
千分之一 (Thousandth) = 0.001 = 10^{-3}	milli <i>m</i>
百萬分之一 (Millionth) = 0.000001 = 10^{-6}	micro <i>μ</i>
十億分之一 (Billionth) = 0.000000001 = 10^{-9}	nano <i>M</i>
兆分之一 (Trillionth) = 0.000000000001 = 10^{-12}	pico <i>p</i>

例如：

一億就是在一後面有八個零的數目，可寫為 10^8 （稱為10的八次方）

一億分之一就是在一前面有八個零，可寫為 10^{-8} ，（稱為1的負八次方）

一公尺的五十分之一，可寫為 $5 \cdot 10^{-3}$ 公尺，即 5 公釐，二十億伏特，可寫為 $2 \cdot 10^9$ 伏特，或者 2GV. 或 2BV（稱為“二個 giga 伏特”，或“2 個 BV”）。

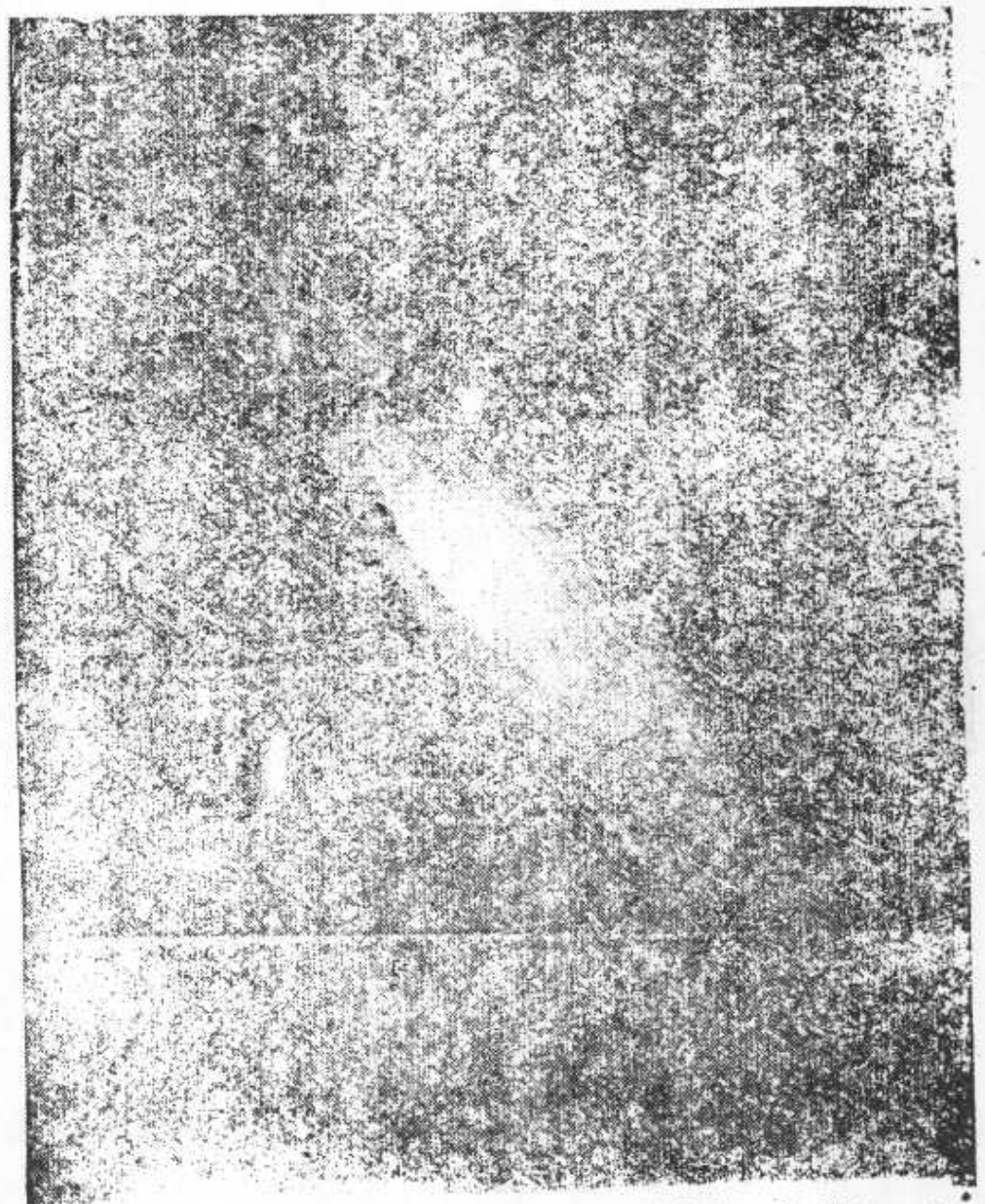
生命存在。）

我們所看得見的星球，組成一個巨大的透鏡般的星系稱為銀河系 (milky way)，或簡稱星雲 (galaxy)，其外包含的星球，如太陽一般大的，約有一千萬萬個。它們並不均勻分配於太空中，大多數的星球成羣集團而居，成為星羣 (cluster)。透鏡形狀的銀河系，直徑大約為十萬光年，厚度有一萬光年。我們的太陽系離透鏡的中心很遠，大約位於離邊界的中點。

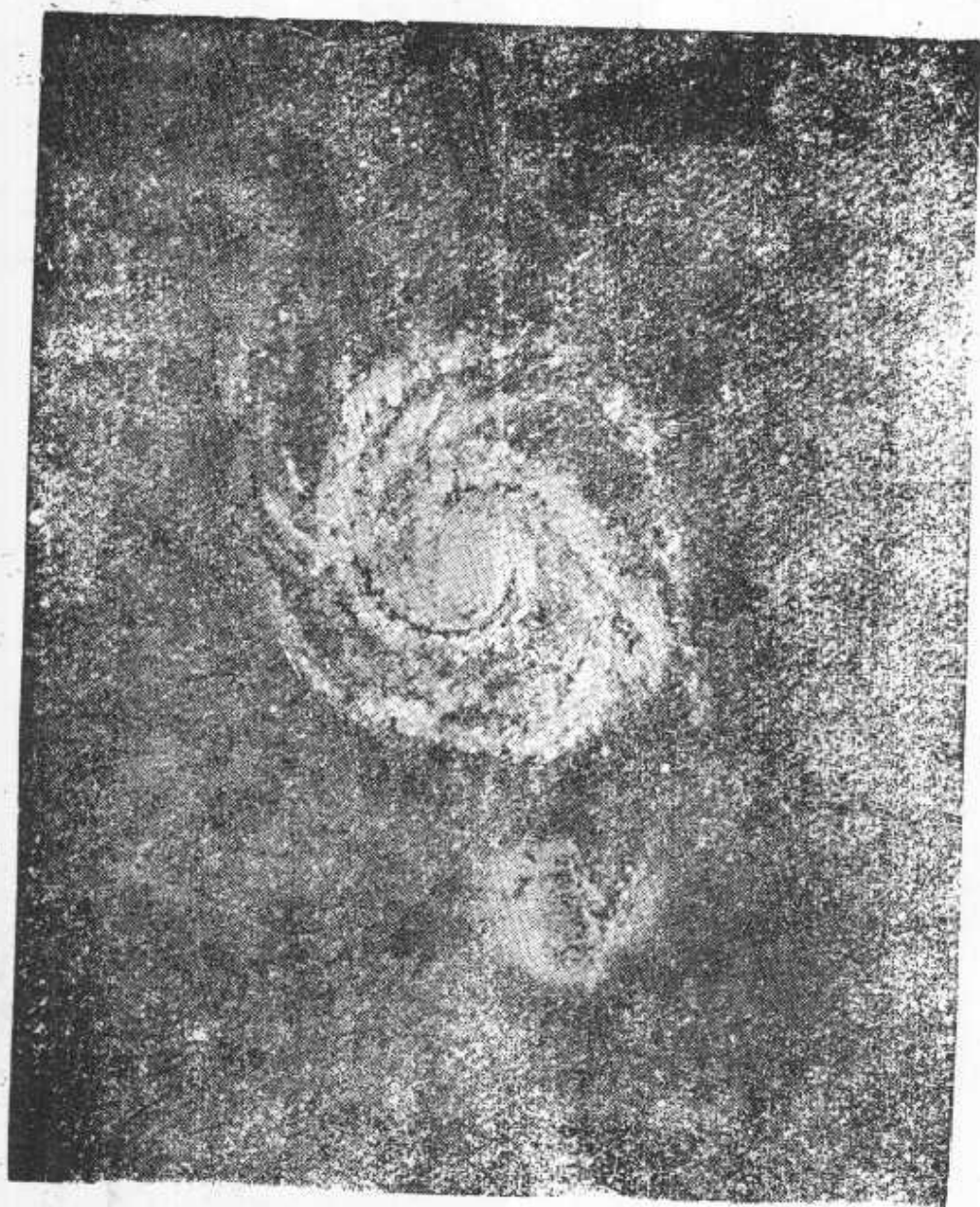
再進一步的研究，帶來了一個問題：我們銀河系以外的太空裏，有沒有其他東西存在？答案是，有。秋天來臨的時候，在北邊的高空上閃耀着的仙女星座裏，用肉眼

可以看出一團如霧狀的物體，這就是仙女星座的大星氣 (great nebula) (見圖二)。後來證實爲一羣星系，大小與形狀和銀河系相似，距離我們大約二百萬萬光年。

用巨大的望遠鏡又發明了許多其他的星雲，大小與形狀各異。由圖片中我們大略可以瞭解它們的體積和其間的距離 (圖三)，像星球們一樣，這些星雲也成羣而居。



圖二 仙女星雲 (Andromeda Nebulosa) [Mount Wilson and Palomar Observatories 所攝]。



圖三 螺旋狀的星雲。〔Mount Wilson and Palomar Observatories 所攝〕。

星雲系統

所有的這些星雲又組成更大的系統：星雲系統 (metagalactic system) (從現在開始我們真正到達了天文的最外圍)。其大小據推測有十萬萬光年，可能包含百萬萬 (10^{10}) 個星雲。不論我們從那一方向望去，都是無邊

無際。如果這一系統是有限界的——到目前爲止，還不能確定——那麼我們銀河系的位置一定離邊界很遠，很可能靠近中心，也很可能離開中心相當遠。

一旦開始研究星雲系統的結構，人類的知識就顯得不夠了，因爲此時已進入宇宙論的領域。

紅 位 移

用光譜儀分析由星雲來的光，我們發現大部份的光譜線與普通星球發出的光線相同，這也就是說，其他星雲中的星球和我們銀河系一樣，包含了相同的化學成份。大多數星雲的物理情況也類似，雖然有許多例外。最值得注意的就是，由近處星雲發出來的光，或多或少有偏向紅色一端的趨勢，愈遠的星雲偏向愈大，這種現象叫做紅位移 (red shift)。

藍光和紫光的頻率是紅光的二倍，所以光譜線趨向紅色即顯示了光的頻率減少。

在威爾遜山觀測所研究的艾德文赫伯 (Edwin Hubble)，發現紅位移的增加和星雲與我們的距離成正比，一千萬光年以外的星雲發光的頻率降低 0.1%，而一萬萬光年以外的星雲則降低了 1%。這個結果不論星雲在那一方向都是對的。

➔ 紅位移在宇宙論中是一種很重要的現象，至今已有好幾種不同嘗試的解釋方法。最簡單的解說認爲紅位移起於都卜勒效應 (Doppler Effect)。此效應首先出現於聲學中，當一輛車子向你開來的時候，你聽到的喇叭聲的頻率比真正發出來的較高，也就是比較尖銳。頻率增加的